AU 221 48502

J6 0031090
FEB 1985

376/444

85-078089/13	K05	HITA 29.07.83
HITACHI KK		*J6 0031-090-A

29.07.83-JP-137713 *(16.02.85)* G21c-03/38 G21c-15/06

Fuel assembly for water reactor - having water rods-adjustable water flow

K(5-84) 039

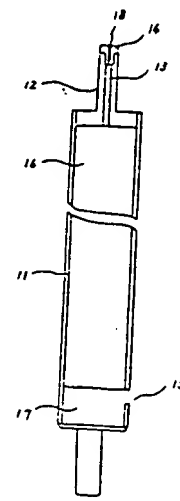
C85-034133

Water rod (11) consists of an upper end plug (12), a cooling water passage (13) provided at the upper end plug (13), a screw with small passage (14), a screw hole (16), and a cooling water inlet (15).

Cooling water is heated while passing through a water rod (11). The void ratio becomes large when cooling water flow is small, and the void ratio becomes smaller as cooling water flow increases, and becomes zero when increased further. When the screw (14) is on, flow is low and thus the void ratio becomes large. When the screw is off, flow increases and the void ratio can be made zero.

Steam void (16) can be filled up to the coolant inlet (15) by adjusting the dia. of the screw hole (18) to increase resistance of steam flow and balance steam pressure in the water rod and water head outside.

ADVANTAGE - Neutron spectre shift in the water reactor is increased and burn up of fuel is increased, resulting in improved fuel economy. (6pp Dwg.No.4/8)



translation attached

rod in water rod
see Fig. 7

⑲日本国特許庁（JP）　⑪特許出願公開
⑫公開特許公報（A）　昭60-31090
⑤Int.Cl.⁴　識別記号　庁内整理番号　㊸公開　昭和60年(1985)2月16日
G 21 C 3/30　7808-2G
15/06　7808-2G
審査請求　未請求　発明の数　1　（全6頁）

⑭発明の名称　燃料集合体

㉑特　願　昭58-137713
㉒出　願　昭58(1983)7月29日

⑫発明者　中村　志朗　東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地　株式会社日立製作所内
⑫発明者　深沢　幸久　東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地　株式会社日立製作所内
⑪出願人　株式会社日立製作所　東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
⑭代理人　弁理士　高橋　明夫　外3名

明　細　書

発明の名称　燃料集合体

特許請求の範囲

1. 1個又は複数個の水ロッドを有する軽水冷却型原子炉用燃料集合体において、炉心内に装荷された燃料集合体を取り出すことなく水ロッド内の冷却水流量を調整可能とする流量調整部を設けた水ロッドを有することを特徴とする燃料集合体。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、軽水冷却型原子炉燃料集合体に係り、特に水ロッド内の冷却水流量を調整することにより、水ロッド内の液体対蒸気の比を燃料の燃焼前期，後期において変化させることにより、燃料経済性の向上に好適な燃料集合体に関する。

〔発明の背景〕

沸騰水型原子炉を例にとると、沸騰水型原子炉では、軸方向出力分布は、ボイド率（蒸気の占める体積比）が上部に行くほど高くなる為に、炉心上部に比べ炉心下部における中性子の熱化が進み

（ボイド率が低く、中性子がより多く減速するため）、出力ピークの位置が炉心下部に歪む。又炉心横断面でみた場合、出力分布は、バイパス部の減速材のため、燃料集合体周辺部では、熱中性子密度が高くなり、このため出力ピークは、燃料集合体の周辺部の燃料棒において生じる。

現在の炉心設計においては、燃料健全性の確保及び、プラント利用率向上の観点から、燃料集合体内での、出力ピークをできるだけ低下させる設計が講じられている。燃料集合体周辺部での出力ピークを抑えるためには、中央部の出力を上げることが必要であり、このために燃料集合体中央部に、燃料を入れないで、減速材のみ通すロッド、即ち水ロッドを用いている。

しかしながら、近年の燃料の技術開発の結果バリア燃料等のPCI（燃料－被覆管作用）対策が開発されるに従い、今までのように、燃料集合体内での出力分布平坦化は、特に必要がなくなり、線出力密度に関しては、燃料の健全性が維持できる範囲内で上昇させることができる。このような

炉心では、新らたな炉心設計が考えられる。

この1つにスペクトルシフト運転法が考えられている。これは、炉心内の蒸気ボイド率の割合を増加させれか、あるいは、冷却水の割合を減少させることにより、減速材（軽水冷却型原子炉においては、軽水が、冷却材、及び、減速材として利用される。）による中性子の減速機能を弱めることにより、中性子のエネルギースペクトルを、硬化（高エネルギーの中性子束の割合を増す）させ、その結果、高エネルギー中性子の吸収が増す。その結果、高エネルギー中性子によるプルトニウム生成が増し、そのプルトニウムを燃やすことにより、燃料経済性向上を図ることができる。

蒸気ボイド率、冷却水割合を変化させる手段としては、炉心流量を増減させる方法、水ロッド又は、バイパス領域に充填剤を挿入する方法等が考えられている。

加圧水型原子炉を例にとると、加圧水型原子炉では、制御棒に、中性子高吸収材を含まなくて、冷却水を排除することを目的とする水排除棒を採

(3)

用している。加圧水炉では、この水排除用制御棒を、燃焼初期においては、炉心に挿入し、水対ウラン比を減少し、スペクトルシフト効果によりプルトニウム生成量を高め、逆に、燃焼後半では、炉心より引き抜いて水対ウラン比を増加させ反応度を高める運転法が考えられる。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、燃料集合体構成材の1つである水ロッド内流量を制御することにより、ボイド率を制御することである。燃料の燃焼初期においては、ボイド率を大きくすることにより、プルトニウムの蓄積を増大させ、燃焼後期においては、ボイド率をゼロとすることにより、中性子の減速効果を高め、前記プルトニウム蓄積の効果と合わせて反応度を増加させる。これにより燃料燃焼度増加が可能となる燃料集合体を提供することができる。

〔発明の概要〕

沸騰水型原子炉を例にとると、沸騰水型原子炉では、原子炉運転中にボイドが発生し、そのため

(4)

に、減速材による減速効果が低下し、中性子スペクトルが硬化する。よつて、高いボイド率で運転された燃料集合体は、低いボイド率で運転された燃料集合体よりも中性子スペクトルが硬化し、高エネルギー中性水の吸収が増す、その結果プルトニウムの蓄積が多くなる。この蓄積は、高いボイド率での燃焼期間に比例して増大する。

そこで、燃料集合体の炉内装荷期間の内、前半は、高いボイド率で燃焼させプルトニウムの生成の増大を促し、後半は、ボイド率を低下させることにより生成されたプルトニウムによる反応度への寄与を利用し、原子炉の反応度を高め、燃焼度を増大させる運転法が考えられる。これがスペクトルシフト効果の運用である。

本発明では、このスペクトルシフト効果を得る為に従来の水ロッド使用の発想の逆転を考える。従来水ロッドは、燃料集合体内の出力分布の平坦化のために、炉内装荷期間を通じて、ボイド率ゼロで使用されていたが、近年の燃料技術開発の結果、平坦化が、特に必要ではないので、この水ロ

(5)

ッドを燃料の燃焼初期においては、ボイド率を高くし、プルトニウム蓄積を増大させ、逆に燃焼後期は、ボイド率をゼロとすることにより反応度を高め、燃料の燃焼度を増大させることが可能となる。

以上の効果は、加圧水型原子炉においても、同様である。

〔発明の実施例〕

本発明の実施例を以下に示す。

第1図に従来の燃料集合体上部の断面図を示す。第1図において、1，2は燃料棒、3は水ロッド、5は上部タイプレートで、さらに1はレギュラーロッド、2はタイロッドである。6は水ロッドの冷却水出口である。

第2図に燃料集合体の全体構成を示す。第2図において7は、水ロッド冷却水入口である。冷却水は、冷却水入口7より流入し、水ロッドチューブ中を通過し、冷却水出口6より流出する。

従来の水ロッドは、水ロッド内に、蒸気が発生しないように、冷却水出入口6，7の穴の大きさ

(6)

及び数を定めてある。

第3図に本発明の水ロッド部の概念図を示す。外の部分については、第1図，第2図と同様である。第3図において、11は水ロッド本体部、12は、上部端栓、13は上部端栓に設けた冷却水流路、14は小流路付きネジ、18は、そのネジ穴、15は冷却水流入口である。冷却水は、冷却水入口15より流入し、水ロッド本体部11を通り、ネジ穴18より流出する。冷却水は、水ロッド本体部11を通る間に、加熱されボイドを発生する。冷却水の流量が少ないとボイド率が大きくなり、逆に冷却水の流量を増加させるに従がつてボイド率は小さくなり、さらに増加させるとボイド率は、ゼロとなる。

本発明においては、第3図より、ネジ14がある場合は、冷却水流量が少なく、よつてボイド率は大きくなる。逆にネジ14をはずすと、冷却水流量が増し、ボイド率をゼロにすることも可能となる。

第4図に本発明の水ロッドの上部端栓に取り付

けたネジの穴18を、ごく小口径にした場合の水ロッド内部の状態を示す。第4図で、16は、蒸気ボイド、17は、冷却水（液体）である。ネジ穴18の口径を調整し、蒸気の流出抵抗を増すことにより、水ロッド内蒸気圧と水ロッド外部の水頭圧をバランスさせ、冷却材入口15の位置まで蒸気ボイド16を充満させることも可能である。

第5図に本発明の燃料を装荷した炉心の例を示す。第5図で番号1の燃料は、装荷後のサイクル経過が1サイクル未満の燃料集合体である。番号2，3，4も同様である。番号1，2の燃料集合体中の水ロッドには、第3図におけるネジ14が付いている。番号3，4の燃料集合体中の水ロッドでは、ネジ14は取りはずしてある。

本発明の燃料集合体は、第3図、第5図のように構成されているので、第6図に示すような効果を有する。即ち、燃料集合体の反応度が大きい第1，2サイクル目までは、ネジにより冷却水流を制限し、水ロッド本体部にボイドを多く発生させることにより、プルトニウムを蓄積し、第3サイ

クルよりネジを取りはずすことにより、水ロッド本体部に冷却水を充満させ反応度を上げると同時にさらに1，2サイクルにおけるプルトニウム蓄積の効果により反応度増加を期待できる。なおネジ14は、小流路無しとしておくことも可能である。

また本発明の水ロッドは、加圧水型原子炉の燃料集合体に適用しても、上記と同様な機能を得ることが可能である。

さらに、第7図に本発明の水ロッドの変形例を示す。第7図で、21は、発熱体である。本発明の変形例は、発熱体より、蒸気ボイドの発生を増大させるため、水ロッド内を蒸気ボイドで充満させる効果が増大する。

また、第8図に本発明の水ロッドの変形例を示す。第8図で、15は下部端栓、16は下部端栓に設けた冷却水流路、17は小流路19付きネジである。第8図では、下部にもネジ17を取り付けることにより水ロッド内の流量制御に、より変化をつけることができる。

〔発明の効果〕

本発明によれば、下記の効果を有す。

(1) 軽水炉における中性子スペクトルシフトを増大させ、燃料集合体の取り出し燃焼度を増加させ、燃料経済性を向上させることが、現在の燃料集合体中の水ロッドを一部改良するだけで可能となる。

(2) 特別な充填材を用いて中性子減速効果を減速させるのでないので、充填材の中性子吸収による経済性低下、及び、充填材使用による廃棄物の増加をまねくことがない。

(3) 燃料集合体の上部に流量調整部を設けているので炉心内に燃料を装荷したままで、容易に流量調整作業が可能である。

図面の簡単な説明

第1図は従来の燃料集合体の上部断面図、第2図は従来の燃料集合体の全体構成図、第3図は本発明ロッドの概念図、第4図は本発明ロッド内部の状態図、第5図は本発明の一実施例の燃料集合体を装荷した炉心の構成図、第6図は本発明の効

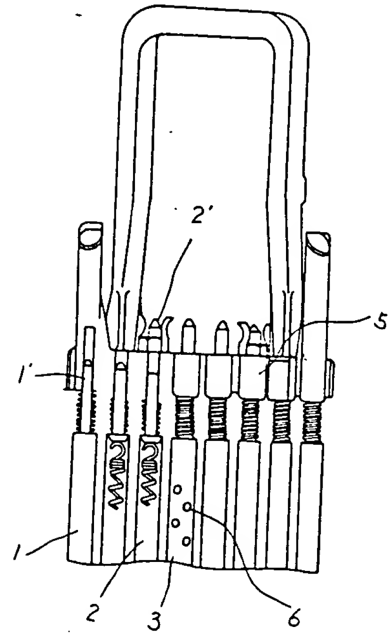
果を示す線図、第７図は本発明の変形例を示す断面図、第８図は同じく他の変形例の断面図である。

１２…上部端栓、１３…冷却水流路、１４…ネジ。

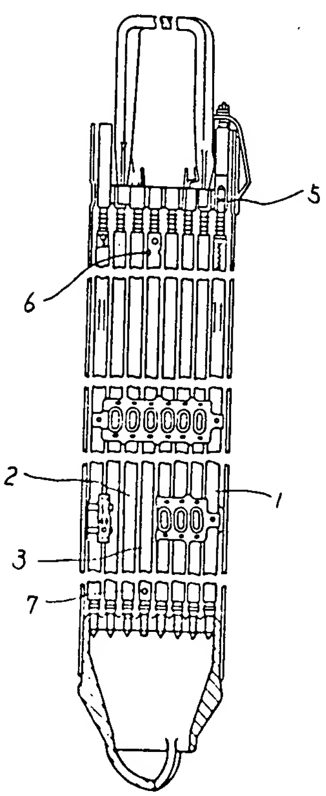
代理人　弁理士　高橋明夫

(11)

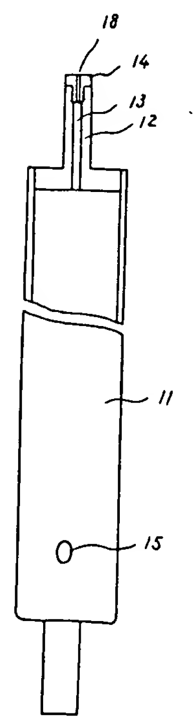
第１図



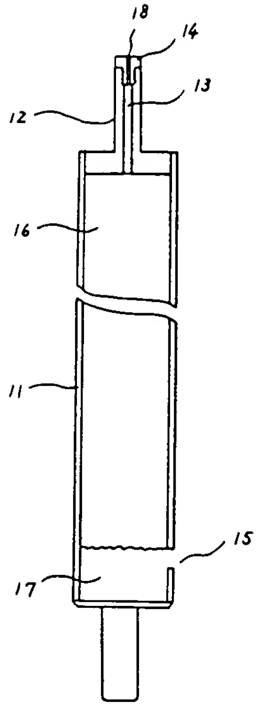
第２図



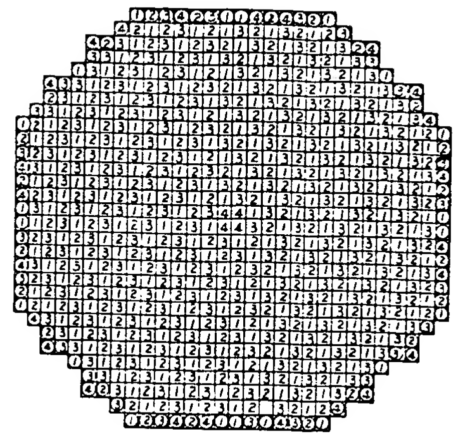
第３図



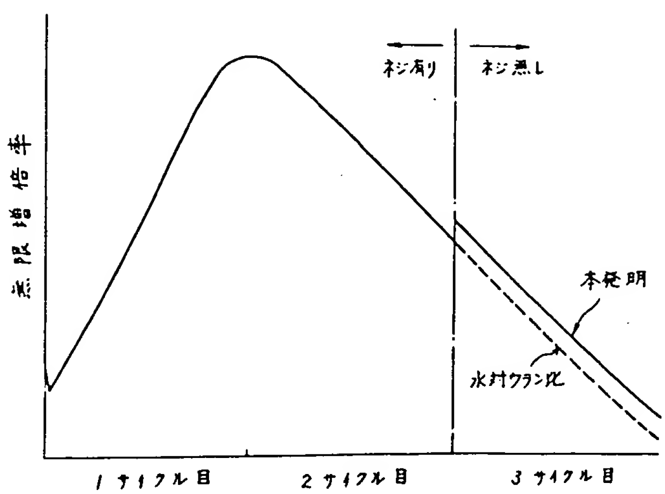
第 4 図



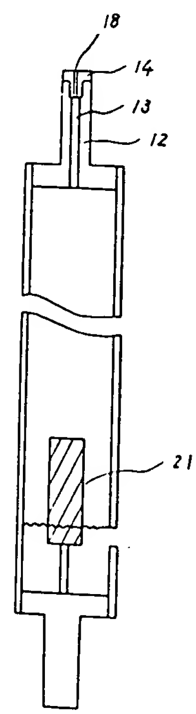
第 5 図



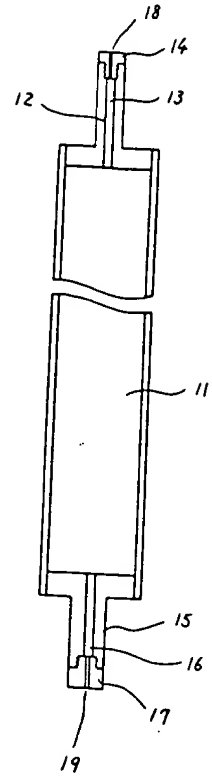
第 6 図



第 7 図



第 8 図



PTO 99-2492

CY=JP DATE 1985-02-16 KIND(A)
PN 60-031090

FUEL ASSEMBLY
[Nenryo shuugoutai]

Shiro Nakamura, et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
Washington, DC March 1999

Translated by: Diplomatic Language Services, Inc.

PUBLICATION COUNTRY	(19):	JAPAN
DOCUMENT NUMBER	(11):	60-031090
DOCUMENT KIND	(12): (13):	A
PUBLICATION DATE	(43):	1985-02-16
PUBLICATION DATE	(45):	
APPLICATION NUMBER	(21):	58-137713
APPLICATION DATE	(22):	1983-07-29
ADDITION TO	(61):	
INTERNATIONAL CLASSIFICATION	(51):	G21C 3/30; 15/06
DOMESTIC CLASSIFICATION	(52):	
PRIORITY COUNTRY	(33):	
PRIORITY NUMBER	(31):	
PRIORITY DATE	(32):	
INVENTOR	(72):	NAKAMURA, SHIRO; FUKUZAWA, YOSHIHISA
APPLICANT	(71):	HITACHI, LTD.
ENGLISH TITLE	(54):	FUEL ASSEMBLY
FOREIGN TITLE	[54A]:	NENRYO SHUUGOUTAI

Specifications

Title of the invention

FUEL ASSEMBLY

Claim

Claim 1. A fuel assembly for a light water-cooled nuclear reactor, having one, or a plurality of water rods, comprised of water rods having a flow rate adjusting portion which can adjust the cooling water flow rate within the water rods without the fuel assembly being removed from the reactor core.

Detailed Specifications

(Industrial field of utilization)

The present invention relates to a fuel assembly for a light water- cooled nuclear reactor, and more particularly to a fuel assembly which improves fuel economy by varying the ratio of liquid to vapor in the water rods between the early and later stages of fuel burning by adjusting the flow rate of the cooling water within the water rods.

(Prior art)

A boiling water reactor is used as the example. In the boiling water reactor, the axial output distribution is such that the neutron thermalization in the lower portion of the core is more advanced than the upper portion of the core because the void ratio (percentage of volume taken up by vapor) increases towards the upper section (because a low void ratio means that the neutrons are further decelerated). The position of the output peak is therefore skewed towards the lower portion of the core.

Consider the cross section of the core: the output distribution is such that the hot neutron density becomes high in the vicinity of the fuel assembly because of the moderator in the bypass portion. As a result, the output peak occurs at the fuel rods in the vicinity of the fuel assembly.

Current designs of reactor cores reduce the output peak in the fuel assembly as much as possible in order to ensure fuel rod integrity and improve the plant utilization factor. It is necessary to increase the output of the central portion in order to suppress the output peak in the vicinity of the fuel assembly. For this reason, rods, or water rods, through which only the moderator passes, are used in the central portion of the fuel assembly instead of fuel.

However, with the development of PCI (fuel-coated cylinder interaction) for barrier fuels and the like as a result of recent developments in fuel technology, the leveling of output distribution in the fuel assembly has become unnecessary and linear output density can be increased within a range wherein fuel integrity can be maintained. New designs are used for this type of reactor core.

One of these is the spectral shift operation. The percentage of vapor void in the core is increased or the percentage of cooling water is decreased, whereby the neutron moderation function is weakened by the moderator (light water is used as the coolant and the moderator in a light water-cooled reactor). The energy spectra of the neutrons are solidified (increasing the

percentage of high energy neutron quanta) and as a result, the absorption of high energy neutrons increases. This results in increased plutonium generation by the high energy neutrons, and fuel economy can be improved by burning that plutonium.

The means for changing the vapor void ratio and the percentage of cooling water include the method of varying the core flux or the method of inserting filler in the water rod or bypass region.

The example used here is a pressurized water reactor. In a pressurized water reactor, water elimination rods, with the object of eliminating the cooling water without including highly neutron-absorbent materials, are used in the control rods. This operation method is used in a pressurized water reactor as follows: these control rods for water elimination are inserted into the core in the initial stages of combustion, the water to uranium ratio is reduced and the amount of plutonium generated increases as a result of the spectra shift effect. Oppositely, the rods are removed from the core in the second half of the combustion process, the water to uranium ratio is increased, and the reactivity is increased.

(Objective)

It is an object of the present invention to control the void ratio by controlling the flow rate within the water rods; being one type of fuel assembly constituent. In the first stage of fuel burning, the accumulation of plutonium is increased by increasing the void ratio; in the later stages of burning, the neutron

moderation effects are increased by making the void ratio zero. The reactivity, as well as the abovementioned plutonium accumulation effects are increased and it thereby becomes possible to provide a fuel assembly which increases fuel burnability.

(Operation)

A boiling water reactor is used as the example. In a boiling water reactor, voids occur during reactor operation and as a result, the moderation effects of the moderator decrease and neutron spectra are solidified. Accordingly, the fuel assemblies used in high void ratio operations have harder neutron spectra than the fuel assemblies used in low void ratio operations and increased absorption of high energy neutrons. Therefore, they result in increased plutonium accumulation. This accumulation is greater than during the combustion period at a high void ratio.

Therefore, during the first half of the period when fuel assemblies are loaded in the reactor, the fuel burns at a high void ratio and brings about a high generation of plutonium. During the second half, the void ratio is decreased, the resulting plutonium generated thereby contributes to reactivity, and the reactivity of the reactor and the burnability of the fuel are increased. This is the action of the spectra shift effect.

In the present invention, the concept of reverse operation using conventional water rods was considered as means to attain this spectra shift effect. Because of the flattened output distribution within the fuel assembly, conventional water rods are used with a void ratio of zero while installed in the reactor.

Recent developments in fuel technology have made the flattening unnecessary. In the initial fuel combustion stage, therefore, the water rods have a high void ratio and increase plutonium accumulation; oppositely, in the later combustion stages, the water rods increase reactivity and burnability of the fuel by reducing the void ratio to zero.

The abovementioned effects are the same for pressurized water reactors.

(Working examples)

The working examples of the present invention are explained below.

Figure 1 shows a cross section of the upper portion of a conventional fuel assembly. In Figure 1, 1 and 2 are fuel rods, 3 is a water rod, 5 is an upper tie plate; 1 is a regular rod and 2 is a tie rod. 6 is the cooling water outlet for a water rod.

Figure 2 shows the constitution of a fuel assembly. In Figure 2, 7 is the cooling water inlet for the water rod. The cooling water flows from the cooling water inlet 7 through the water rod tube and out the cooling water outlet 6.

In the conventional water rod, the size and number of the holes for the cooling water inlets and outlets 6 and 7 are determined so that vapor is not generated within the water rod.

Figure 3 shows a schematic diagram of the water rod portion of the present invention. The external portions are the same as in Figures 1 and 2. In Figure 3, 11 is the water rod main body, 12 is

the upper end plug, 13 is the cooling water passage provided at the upper end plug, 14 is the screw with a small passage, 18 is the screw hole thereof, and 15 is the cooling water inlet. The cooling water flows in from the cooling water inlet 15, passes through the water rod main body 11, and flows out through the screw hole 18. While passing through the water rod 11, the cooling water is heated and generates voids. When the flow rate of the cooling water is low, the void ratio becomes high; oppositely, the void ratio decreases as the flow rate of the cooling water is increased and eventually becomes zero.

In the present invention, when the screw 14 is present as in Figure 3, the flow rate of the cooling water is low and the void ratio is thereby high. Oppositely, when the screw 14 is removed, the cooling water flow rate increases and the void ratio can become zero.

Figure 4 shows the situation of a water rod with a small screw hole 18 established in the upper end plug of the water rod relating to the present invention. In Figure 4, 16 is the vapor void, 17 is the cooling water (liquid). By adjusting the diameter of the screw hole 18 and increasing the resistance to vapor outflow, the vapor pressure within the water rod and water pressure outside the water rod can be balanced, making it possible for the vapor void 16 to fill the rod up to the location of the cooling material [sic] inlet 15.

Figure 5 shows an example of a core where the fuel relating to the present invention is installed. The no. 1 fuel in Figure 5

is a fuel assembly which has passed through less than one cycle since installation. The numbers 2, 3, and 4 are likewise. The screws 14, as in Figure 3, are present in the water rods in the nos. 1 and 2 fuel assemblies. The screws 14 are removed from the water rods in the nos. 3 and 4 fuel assemblies.

The fuel assemblies of the present invention are constituted as in Figures 3 and 5. Therefore, they have the effects as shown in Figure 6. In other words, the cooling water flow is controlled with the screws in the first and second cycles where the reactivity of the fuel assemblies is high. Many voids are generated in the water rod, resulting in the accumulation of plutonium. Removing the screws in the third cycle fills the water rod with cooling water and at the same time increases reactivity. Further increases in reactivity can be expected as a result of the effects of accumulating plutonium in the first and second cycles. Moreover, the screws 14 may also be made without the small passages.

The water rods relating to the present invention can also be used in fuel assemblies for pressurized water reactors and the same functions as above can be attained thereby.

Furthermore, Figure 7 shows a modification of the water rods relating to the present invention. In Figure 7, 21 is a heating element. This modification to the present invention can increase the vapor void filling the water rod, because the heating element increases vapor void generation.

Figure 8 shows a modification to the water rods relating to

the present invention. In Figure 8, 15 is a lower end plug, 16 is a cooling water passage installed in the lower end plug, and 17 is a screw with a small passage 19. In Figure 8, the control of the flow rate within the water rods can be further varied by mounting the screws 17 in the lower portion as well.

(Effects of the invention)

The present invention has the following effects.

1. The spectra shift of neutrons within light water reactors, retrievable burnability of fuel assemblies, and fuel economy can be increased by improving some of the water rods in current fuel assemblies.

2. Because neutron moderation effects are not achieved using special fillers, there are no problems such as decreased economy due to absorption of neutrons by the fillers and increases in waste materials due to the use of fillers.

3. Flow rate can be easily adjusted while fuel remains in the core because of the flow rate adjustment portion established on the upper part of the fuel assembly.

Brief explanation of the figures

Figure 1 is a cross sectional view of the upper portion of a conventional fuel assembly; Figure 2 shows the constitution of an entire conventional fuel assembly; Figure 3 is a schematic diagram of a rod relating to the present invention; Figure 4 shows the internal situation of a rod relating to the present invention; Figure 5 shows the constitution of a core wherein fuel assemblies relating to one working example of the present invention are

installed; Figure 6 is a graph of the effects of the present invention; Figure 7 is a cross sectional view of a modification to the present invention; and Figure 8 is a cross sectional view of another modification thereto. 12...upper end plug, 13...cooling water passage in upper end plug, 14...screws.

Figure 1

Figure 2

Figure 3

Figure 4

Figure 5

Figure 6

[Key:]
A. Cycle 1, Cycle 2, Cycle 3; B. Infinite multiplication factor; C. With screw; D. Without screw; E. Present invention; F. Water to uranium ratio